

ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

Н. А. Коротаев, В. И. Попечиц

Белорусский государственный университет, Минск

E mail: parechyts@bsu.by

Необходимость обеспечения живучести электронных вычислительных систем с однородной программируемой матричной структурой, построенных на новой элементной базе – программируемых логических интегральных схемах, обусловлена высокими требованиями к их быстродействию, точности, надежности и безотказности [1]. Одним из перспективных путей повышения отказоустойчивости таких систем является разработка и исследование эффективных алгоритмов их реконфигурации при наличии и отсутствии резервных элементов, связей и дефектов (неисправностей). Учитывая перспективность и интерес к проектированию различных средств электронной вычислительной техники и цифровой микроэлектроники в виде живучих однородных программируемых матричных структур, данная задача является актуальной и важной.

Однородная программируемая матричная структура представляет собой прямоугольную $n \times m$ матрицу, состоящую из множества идентичных процессорных элементов (ПЭ) на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) типа программируемой логической матрицы (ПЛМ), где вдоль каждой из четырех сторон расположены резервные ПЭ (РПЭ). Рассматриваемая матричная структура является одноканальной в том смысле, что в ней допустим лишь один тракт связи вдоль каждого горизонтального/вертикального канала, что позволяет значительно сократить площадь, занимаемую информационными связями.

Разработан и программно реализован алгоритм реконфигурации однородной программируемой матричной структуры и на его основе исследованы ее параметры живучести: вероятность безотказной работы, достоверность функционирования, потенциальная живучесть при наличии и отсутствия резервных ПЭ, информационных связей и дефектов (неисправностей). Алгоритм предусматривает следующее: если дана $n \times m$ матрица с резервными по ее краям ПЭ, то, в случае выхода из строя одного, двух или трех ПЭ одновременно, восстанавливается работа матрицы при условии: для всех дефектных ПЭ имеется ряд непрерывных компенсационных связей, среди которых нет пересечений. При этом алгоритм находит для заданных дефектных ПЭ (задаются вручную или программно случайным образом) непересекающиеся компенсационные связи и перестраивает матрицу путем замены неисправных ПЭ вдоль компенсацион-

ных связей. В случае невозможности нахождения требуемых компенсационных связей, происходит деградация матрицы, т.е. потеря соответствующих функций. При этом в матрице последовательно задается по одному, затем по два и далее по три ПЭ с отказами, которые не будут восстановлены. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут найдены компенсационные связи с требуемыми свойствами. Следует заметить, что современные ПЭ, как правило, являются высоконадежными, тем более могут быть снабжены самопроверяемыми схемами встроенного контроля, поэтому наибольшую вероятность могут иметь одиночные ошибки. Исследование живучести матриц в этом случае наиболее актуально и предположение, что после локализации неисправного ПЭ и реконфигурации матрицы неисправный ПЭ будет заменен, вполне реально. Кроме того, эта задача актуальна для закрытых систем, доступ к ПЭ которой извне невозможен или элементы которой заменить или починить нельзя.

В результате исследования характеристик живучести различных конфигураций однородных программируемых матричных структур, в зависимости от числа резервных ПЭ можно сделать вывод, что для данной матричной структуры с $n \times m$ основными ПЭ при одновременном внесении не более трех неисправностей достаточно $n + m$ резервных ПЭ, чтобы обеспечить необходимую живучесть матрицы.

Рассмотрены вопросы построения живучей электронной вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой на основе ПЛИС типа ПЛМ при наличии и отсутствии резервных ПЭ, связей и дефектов (неисправностей).

Разработан и программно реализован алгоритм реконфигурации рассматриваемой структуры, на основе которого исследованы характеристики ее живучести: вероятность безотказной работы, достоверность функционирования и потенциальная живучесть.

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о количестве необходимых резервных ПЭ и числе допустимых дефектов (неисправностей) для восстановления и обеспечения достаточной живучести электронной вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой.

Актуальность и важность рассматриваемой задачи в области построения живучих вычислительных систем с однородной программируемой матричной структурой требуют проведения дальнейших исследований, особенно с учетом применения для ПЭ на ПЛИС самопроверяемых схем встроенного контроля.

1. Виноградов В. И. // Электроника инфо. 2007. № 9. С. 44–46.